

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5495654号
(P5495654)

(45) 発行日 平成26年5月21日(2014.5.21)

(24) 登録日 平成26年3月14日(2014.3.14)

(51) Int.Cl.

F 1

G O 2 B 15/20 (2006.01)

G O 2 B 15/20

G O 2 B 13/18 (2006.01)

G O 2 B 13/18

請求項の数 9 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2009-179028 (P2009-179028)
 (22) 出願日 平成21年7月31日(2009.7.31)
 (65) 公開番号 特開2011-33770 (P2011-33770A)
 (43) 公開日 平成23年2月17日(2011.2.17)
 審査請求日 平成24年7月26日(2012.7.26)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100086818
 弁理士 高梨 幸雄
 (72) 発明者 岩間 玲
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ヤノン株式会社内

審査官 小倉 宏之

(56) 参考文献 国際公開第2011/001663 (W
 O, A1)
 特開2006-227197 (JP, A
)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ズームレンズ及びそれを有する光学機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群より構成され、ズーミングに際してすべてのレンズ群が移動するズームレンズにおいて、前記第1レンズ群は2枚のレンズより構成され、前記第3レンズ群は1枚のレンズより構成され、前記第2レンズ群の広角端における横倍率を $2w$ 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第1レンズ群の光軸方向の移動量を m_1 とし、移動量の符号は像側へ移動するときを正とするとき、

$$-0.58 < 2w < -0.40$$

$$0.36 \leq |f_1 / f_3| \leq 0.48$$

$$-3.0 < m_1 / f_w < -1.3$$

なる条件式を満足することを特徴とするズームレンズ。

【請求項2】

前記第2レンズ群の望遠端における横倍率を $2T$ とするとき、

$$4.5 < 2T / 2w < 7.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項1のズームレンズ。

【請求項3】

前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 とするとき、

$$0.30 < f_2 / f_3 < 0.45$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 又は 2 のズームレンズ。

【請求項 4】

前記第 1 レンズ群の最も物体側に配置されたレンズの物体側と像側のレンズ面の曲率半径を各々 $G1R1$ 、 $G1R2$ とするとき、

$$0.7 < (G1R1 + G1R2) / (G1R1 - G1R2) < 1.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 5】

前記第 3 レンズ群の焦点距離 $f3$ と広角端における全系の焦点距離 fw は、

$$4.0 < f3 / fw < 10.0$$

なる条件式を満足することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項のズームレンズ。

10

【請求項 6】

広角端から望遠端へのズーミングに際して、前記第 1 レンズ群は像側に凸状の軌跡で移動し、前記第 2 レンズ群は単調に物体側に移動し、前記第 3 レンズ群は像側に移動することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 7】

前記第 1 レンズ群は、物体側と像側のレンズ面が非球面形状の負レンズを有することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項のズームレンズ。

【請求項 8】

前記第 3 レンズ群は、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングに際して物体側に移動することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項のズームレンズ。

20

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項のズームレンズを有することを特徴とする光学機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はズームレンズに関し、例えばデジタルスチルカメラ、ビデオカメラ、TVカメラ等の光学機器に好適なものである。

【背景技術】

30

【0002】

最近、固体撮像素子を用いたビデオカメラ、デジタルスチルカメラ等の光学機器（撮像装置）（カメラ）は、高機能化されている。そして光学機器の高機能化にともない、それに用いる光学系には広い画角（撮影画角）を包含した大口径比で高い光学性能を有した小型のズームレンズであることが求められている。この種のカメラには、レンズ最後部と撮像素子との間に、ローパスフィルターや色補正フィルターなどの各種の光学部材が配置される。この為、それに用いるズームレンズには、比較的バックフォーカスが長いことが要求される。さらに、カラー画像用の撮像素子を用いたカラーカメラの場合には、色シェーディングを避けるため、像側のテレセントリック特性の良いことが望まれている。

【0003】

40

全系が小型でバックフォーカスが長く、しかも像側のテレセントリック特性の良いズームレンズとして、負の屈折力のレンズ群が先行する（最も物体側に位置する）ネガティブリード型のズームレンズが知られている。ネガティブリード型のズームレンズとして、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第 1 レンズ群、正の屈折力の第 2 レンズ群、および正の屈折力の第 3 レンズ群より成り、像側のテレセントリック性の良い 3 群ズームレンズが知られている（特許文献 1、特許文献 2）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2008 - 250332 号公報

50

【特許文献2】特開2006-208890号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ネガティブリード型の3群またはそれ以上のレンズ群を有するズームレンズにおいて全系の小型化及び高ズーム比化を図るにはズームレンズを構成する各レンズ群の屈折力を強めるのが有効である。しかしながら、例えば、広画角化及び高ズーム比化を図るため、各レンズ群の屈折力を単に強めると、ズーミングに伴う収差変動が増大し、全ズーム範囲において高い光学性能を得るのが困難になってくる。そこで、ネガティブリード型の3群又はそれ以上のレンズ群を有するズームレンズにおいて、全系の小型化、広画角化、高ズーム比化を達成するためには、各レンズ群の屈折力配置やズーミング時の各レンズ群の移動軌跡や移動量を適切にすることが重要である。

10

【0006】

例えば、第2レンズ群の横倍率や、第1、第3レンズ群の屈折力等を適切に設定せずに全系の小型化および広画角化を図ろうとすると、広角側における光学性能が著しく低下してくる。また、ズーミングの際の第1レンズ群の移動軌跡や移動量等を適切に設定せずに広画角化および高ズーム比化を図ろうとすると、前玉有効径が増大し、全系が大型化してくる。

【0007】

本発明は、レンズ系全体がコンパクトで、広画角、高ズーム比で、全ズーム範囲で高い光学性能が得られるズームレンズ及びそれを有する光学機器を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群、正の屈折力の第2レンズ群、正の屈折力の第3レンズ群より構成され、ズーミングに際してすべてのレンズ群が移動するズームレンズにおいて、前記第1レンズ群は2枚のレンズより構成され、前記第3レンズ群は1枚のレンズより構成され、前記第2レンズ群の広角端における横倍率を $2w$ 、前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、広角端から望遠端へのズーミングにおける前記第1レンズ群の光軸方向の移動量を m_1 とし、移動量の符号は像側へ移動するときを正とするとき、

30

$$\begin{aligned} & -0.58 < 2w < -0.40 \\ & 0.36 \leq f_1 / f_3 \leq 0.48 \\ & -3.0 < m_1 / f_w < -1.3 \end{aligned}$$

なる条件式を満足することを特徴としている。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、レンズ系全体がコンパクトで、広画角、高ズーム比で、全ズーム範囲で高い光学性能が得られるズームレンズが得られる。

40

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施例1のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図

【図2】実施例1のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図3】実施例2のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図

【図4】実施例2のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図5】実施例3のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図

50

【図 6】実施例 3 のズームレンズの広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図

【図 7】本発明の撮像装置の要部概略図

【発明を実施するための形態】

【0011】

本発明のズームレンズは、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第 1 レンズ群、正の屈折力の第 2 レンズ群、正の屈折力の第 3 レンズ群を有している。ズーミングに際して各レンズ群が移動する。本発明のズームレンズでは、第 1 レンズ群の物体側又は第 3 レンズ群の像側に屈折力のあるレンズ群が配置されていても良い。

【0012】

図 1 (A)、(B)、(C) は本発明の実施例 1 の広角端（短焦点距離端）、中間のズーム位置、望遠端（長焦点距離端）におけるレンズ断面図である。図 2 (A)、(B)、(C) は本発明の実施例 1 の広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例 1 はズーム比 4.71、開口比 2.88 ~ 6.06 程度のズームレンズである。図 3 (A)、(B)、(C) は本発明の実施例 2 の広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図である。図 4 (A)、(B)、(C) は本発明の実施例 2 の広角端、中間のズーム位置、望遠端における収差図である。実施例 2 はズーム比 5.86、開口比 2.77 ~ 6.83 程度のズームレンズである。図 5 (A)、(B)、(C) は本発明の実施例 3 の広角端、中間のズーム位置、望遠端におけるレンズ断面図である。図 6 (A)、(B)、(C) は本発明の実施例 3 の広角端、中間、望遠端における収差図である。実施例 3 はズーム比 6.24、開口比 2.78 ~ 7.06 程度のズームレンズである。

【0013】

図 7 は本発明のズームレンズを備えるデジタルスチルカメラの要部概略図である。各実施例のズームレンズは撮像装置に用いられる撮影レンズ系であり、レンズ断面図において、左方が物体側（前方）で、右方が像側（後方）である。尚、各実施例のズームレンズをプロジェクター等の光学機器に用いるときは、左方がスクリーン、右方が被投影画像となる。

【0014】

レンズ断面図において、L1 は負の屈折力（光学的パワー = 焦点距離の逆数）の第 1 レンズ群、L2 は正の屈折力の第 2 レンズ群、L3 は正の屈折力の第 3 レンズ群である。SP は開放 F ナンバー（Fno）光束を決定（制限）する開口絞りの作用をする F ナンバー決定部材（以下「開口絞り」ともいう。）である。G は光学フィルター、フェースプレート、水晶ローパスフィルター、赤外カットフィルター等に相当する光学ブロックである。IP は像面であり、ビデオカメラやデジタルスチルカメラの撮影光学系として使用する際には CCD センサや CMOS センサ等の固体撮像素子（光電変換素子）の撮像面が置かれる。

【0015】

収差図のうち、球面収差図においては、d 線及び g 線を示している。Fno は F ナンバーである。非点収差図において、M、S はメリディオナル像面、サジタル像面である。倍率色収差は g 線によって表している。は半画角である。尚、以下の各実施例において広角端と望遠端は変倍用レンズ群（第 2 レンズ群 L2）が機構上、光軸上移動可能な範囲の両端に位置したときのズーム位置をいう。レンズ断面図において、矢印は広角端から望遠端へのズーミングに際しての各レンズ群の移動軌跡を示している。

【0016】

各実施例のズームレンズでは、広角端から望遠端のズーム位置へのズーミングに際して、第 1 レンズ群 L1 が像側に凸状の軌跡の一部を描いて略往復移動して、変倍に伴う像面変動を補正している。第 2 レンズ群 L2 が物体側に単調に移動して主たる変倍を行っている。第 3 レンズ群 L3 は像側に移動している。このとき広角端から望遠端へのズーミングに際して第 1 レンズ群 L1 と第 2 レンズ群 L2 との間隔が小さく、第 2 レンズ群 L2 と第 3 レンズ群 L3 との間隔が大きくなるように各レンズ群が移動している。第 3 レンズ群を物体側に移動させて無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングを行っている。Fナン

バー決定部材SPは、第2レンズ群L2の像側に位置し、ズーミングに際して第2レンズ群L2と一体的に移動する。

【0017】

次に各実施例のズームレンズのレンズ構成の特徴について説明する。一般に全系が小型で広画角のズームレンズを構成する場合、負の屈折力のレンズ群が先行するネガティブリード型を選択すると、後側主点位置を像側へ位置させることができ長いバックフォーカスが容易に得られる。そして、像側のテレセントリック特性が良いズームレンズを実現するためには、撮像素子（像面）に最も近いレンズ群を正の屈折力のレンズ群とし、フィールドレンズの役割を持たせるのが良い。各実施例のズームレンズでは、物体側より像側へ順に、負の屈折力の第1レンズ群L1、正の屈折力の第2レンズ群L2、そして正の屈折力の第3レンズ群L3の少なくとも3つのレンズ群より構成している。そしてズーミングに際しては各レンズ群が移動するようにしている。そして、広画角で、全系が小型で、高ズーム比でありながら、全ズーム範囲において良好な光学性能を実現するために、次に示す3つの構成を考慮している。

【0018】

3群構成のズームレンズにおいて広角端の全系の焦点距離を f_w 、第1レンズ群L1の焦点距離を f_1 、広角端における第2、第3レンズ群L2、L3の撮影倍率を各々 $2w$ 、 $3w$ とする。このとき、焦点距離 f_w は、

$$f_w = f_1 \times 2w \times 3w$$

で求められる。この式より、広角端の焦点距離を短くし、全系の広画角化を図るためには、第1レンズ群L1の焦点距離 f_1 および第2レンズ群L2の横倍率を適切に設定することが、広画角化を図る上で重要であることがわかる。そこで本実施例では3つの構成としての1つ目として、第1レンズ群L1の屈折力を適切に設定している。一般に、ズームレンズの画角を広角化すると、前玉有効径が大型化してくる。前玉有効径は第1レンズ群L1を通過する軸外光線の高さで決まるため、第1レンズ群L1の屈折力を適切に設定し、軸外光線を十分屈折させることで広角化を図りつつ、小型にすることができる。

【0019】

2つ目として、第2レンズ群L2の広角端における横倍率 $2w$ を適正に設定している。一般に、広画角化と全系の小型化を図るため、第1レンズ群L1の屈折力を過度に強めすぎるとペッツバル和がマイナス側に増大し、特に広角端において像面湾曲が増大してくる。そこで、撮影倍率 $2w$ をある程度小さな値で設定することで、焦点距離 f_w としての小型化が容易になる。しかしながら、撮影倍率 $2w$ を過度に小さくしすぎると、第2レンズ群L2の結像倍率が過剰となり、第2レンズ群L2の構成レンズ枚数が増大してくるため好ましくない。

【0020】

3つ目として、第1レンズ群L1のズーミングに伴う移動量を適切に設定している。一般に、第3レンズ群L3の光軸上の位置が広角端および望遠端でほぼ変わらない配置となる、3群ズームレンズにおいて、レンズ全長の小型化を図るには、広角端と望遠端でのレンズ全長が等しくなるという条件を近軸的に解くと、次のようになる。ここでレンズ全長は第1レンズ面から像面までの長さである。第2レンズ群L2の広角端および望遠端の横倍率 $2w$ 、 $2T$ を

【0021】

【数1】

$$\begin{aligned} \beta_{2w} &= 1 / \sqrt{Z} \\ \beta_{2T} &= \sqrt{Z} \\ Z &= f_T / f_w \end{aligned}$$

【0022】

とするのがよいことがわかる。このとき、第1レンズ群L1は広角端から望遠端へのズー

10

20

30

40

50

ミングに際して、広角端から中間焦点距離までは像側に移動し、その後には物体側に繰り出す軌跡で移動し、望遠端に至る。しかしながら、開口絞り S P が第 2 レンズ群 L 2 に近接配置されている場合、上記のように第 2 レンズ群 L 2 の横倍率を設定すると、広角端での第 1 レンズ群 L 1 と第 2 レンズ群 L 2 が広がりすぎてしまい、広画角化した際に、前玉有効径が大型化してくる。このような状況において、無理に前玉有効径の小型化を図ろうとすると、第 1 レンズ群 L 1 の屈折力を過剰に強めなければならず、ペッツバル和がマイナス側に過剰となり、像面湾曲が増大してくる。そこで広画角化と小型化を両立させるためには、広角端において第 1 レンズ群 L 1 と開口絞り S P との間隔を近づける必要がある。そこで、各実施例では第 1 レンズ群 L 1 のズームに伴う移動量を適切に設定することで、広画角化に伴う前玉有効径の大型化を防ぎつつ、高ズーム比を図っている。

10

【 0 0 2 3 】

以上の 3 つの条件を同時に満たすことで、各実施例では全系が小型で広画角、高ズーム比のズームレンズを実現している。具体的には、各実施例では次の条件式 (1) ~ (3) を同時に満たすことで、全系が小型で広画角、高ズーム比のズームレンズを実現している。第 2 レンズ群 L 2 の広角端における横倍率を $2w$ 、第 1 レンズ群 L 1 の焦点距離を f_1 、第 3 レンズ群 L 3 の焦点距離を f_3 、広角端における全系の焦点距離を f_w 、広角端から望遠端に至る第 1 レンズ群 L 1 の光軸方向の移動量を m_1 とする。但し移動量の符号は広角端から望遠端へのズームに際して像側へ移動するときを正とする。このとき、

$$-0.58 < 2w < -0.40 \quad (1)$$

$$\frac{0.36}{-3.0 < m_1 / f_w < -1.3} \mid f_1 / f_3 \mid \frac{0.48}{-1.3} \quad (2)$$

$$-3.0 < m_1 / f_w < -1.3 \quad (3)$$

20

なる条件式を満足することである。

【 0 0 2 4 】

条件式 (1) は第 2 レンズ群 L 2 の横倍率を規定した式である。条件式 (1) の上限値を超えると、例えば、横倍率 $2w$ が -0.30 の場合、第 2 レンズ群 L 2 の横倍率 $2w$ が大きくなりすぎる、すなわち、第 2 レンズ群 L 2 の屈折力が過度に強まる。この結果、特に望遠端において球面収差およびコマ収差を良好に補正することが困難となる。条件式 (1) の下限値を超えると、例えば、横倍率 $2w$ が -0.7 の場合、第 2 レンズ群 L 2 の横倍率 $2w$ が小さくなり過ぎる、すなわち第 2 レンズ群 L 2 の屈折力が過度に弱まる。この結果、所望のズーム比を得るためには、主変倍レンズ群である第 2 レンズ群 L 2 の移動量が増大し、沈胴時のカメラ全長の短縮化が困難になる。

30

【 0 0 2 5 】

条件式 (2) は第 1 レンズ群 L 1 と第 3 レンズ群 L 3 の屈折力の比を規定した式である。条件式 (2) の上限値を超えると、第 1 レンズ群 L 1 の負の焦点距離が長くなり、すなわち、第 1 レンズ群 L 1 の屈折力が弱すぎるため、前玉有効径の小型化が困難になる。条件式 (2) の下限値を超えると、第 1 レンズ群 L 1 の負の焦点距離が小さくなり、すなわち、第 1 レンズ群 L 1 の屈折力が強すぎるため、ペッツバル和がマイナス側に増大し、特に広角端において像面湾曲が増大するのでよくない。

【 0 0 2 6 】

条件式 (3) は第 1 レンズ群 L 1 のズームに伴う移動量を規定する式である。条件式 (3) の上限値を超えると、第 1 レンズ群 L 1 の移動量が過度に大きくなるため、沈胴時のカメラ全長が増大するので良くない。条件式 (3) の下限値を超えると、第 1 レンズ群 L 1 の移動量が過度に小さくなるため、この状態で広角化を図ると、第 1 レンズ群 L 1 と第 2 レンズ群 L 2 の広角端での間隔が広すぎるため、前玉有効径が大型化してくるので良くない。さらに望ましくは、条件式 (1) , (3) の数値範囲を次の如く設定するのがよい。

40

【 0 0 2 7 】

$$-0.58 < 2w < -0.45 \quad (1a)$$

$$-2.0 < m_1 / f_w < -1.3 \quad (3a)$$

以上のように各実施例によれば、第 2 レンズ群 L 2 の横倍率および各レンズ群の屈折力

50

配置、そして第1レンズ群L1の移動量等を最適化することで、広画角化および高ズーム化を図りつつ小型化で良好な光学性能のズームレンズを達成している。各実施例によれば、以上のように各構成要件を特定することによってレンズ系全体が小型で、全ズーム範囲で高い光学性能を有した広画角のズームレンズを得ているが、更に好ましくは次の諸条件のうちの1以上を満足するのが良い。第2レンズ群L2の望遠端における横倍率を $2T$ とする。第2レンズ群L2の焦点距離を f_2 とする。第1レンズ群L1の最も物体側に配置されたレンズの物体側と像側のレンズ面の曲率半径を各々 $G1R1$ 、 $G1R2$ とする。

このとき

$$4.5 < 2T / 2w < 7.0 \quad (4)$$

$$0.30 < f_2 / f_3 < 0.45 \quad (5)$$

$$0.7 < (G1R1 + G1R2) / (G1R1 - G1R2) < 1.0 \quad (6)$$

$$4.0 < f_3 / fw < 10.0 \quad (7)$$

なる条件式のうち1以上を満足するのが良い。

【0028】

条件式(4)はズーミングの際の第2レンズ群L2の横倍率の変化を規定する式である。条件式(4)の上限値を超えると、第2レンズ群L2の横倍率の変化が過大となる。第2レンズ群L2の横倍率の変化が過大となると、第2レンズ群L2の屈折力を一定とした場合、第2レンズ群L2の移動量が増大するため、沈胴長が大型化してくるので良くない。また、第2レンズ群L2の移動量を一定とした場合、第2レンズ群L2の屈折力が過度に強まるため、特に望遠端において球面収差およびコマ収差の補正が困難になる。条件式(4)の下限値を超えると、第2レンズ群L2の横倍率の変化が過小となる。第2レンズ群L2の横倍率の変化が過小となると、所望のズーム比を得るのが困難になる。

【0029】

条件式(5)は、第2レンズ群L2の屈折力を規定する式である。条件式(5)の上限値を超えると、第2レンズ群L2の焦点距離が長くなり、すなわち、第2レンズ群L2の屈折力が小さくなり、所望の高ズーム比を得るためには、第2レンズ群L2のズーミングの際の移動量を増大させなければならない。この結果、望遠端においてレンズ全長(第1レンズ面から像面までの長さ)が長くなるので良くない。条件式(5)の下限値を超えると、第2レンズ群L2の焦点距離が短くなり、すなわち、第2レンズ群L2の屈折力が大きくなり、ズーム全域において球面収差とコマ収差の補正が困難になる。

【0030】

条件式(6)は、第1レンズ群L1の最も物体側に位置する負レンズの形状因子(レンズ形状)を規定する式である。例えば、条件式(6)の値が1.0の場合、第1レンズ群L1の負レンズは物体側が平面、像側が凹面の平凹形状を意味する。条件式(6)の上限値を超えてメニスカスの度合いが強すぎると、特に広角端において像面湾曲を補正するのが困難となる。条件式(6)の下限値を超える場合、例えば、形状因子が0.5の場合、第1レンズ群L1の負レンズは両凹形状の負レンズとなる。このとき、物体側および像面側の曲率半径が共に強まりすぎるため、負レンズの周辺部の厚みが増大し、この結果、沈胴時のカメラ厚みが増大するので良くない。

【0031】

条件式(7)は、第3レンズ群L3の屈折力(焦点距離 f_3 の逆数)を規定する式である。条件式(7)の上限値を超えると、第3レンズ群L3の屈折力が小さすぎるため、テレセントリック特性が悪くなるので良くない。条件式(7)の下限値を超えると、第3レンズ群L3の屈折力が強すぎて、フォーカス変動が大きくなるので良くない。さらに、望ましくは条件式(4)~(7)の数値範囲を次の如く設定するのがよい。

【0032】

$$4.5 < 2T / 2w < 6.5 \quad (4a)$$

$$0.32 < f_2 / f_3 < 0.45 \quad (5a)$$

$$0.8 < (G1R1 + G1R2) / (G1R1 - G1R2) < 0.9 \quad (6a)$$

$$4.0 < f_3 / fw < 8.0 \quad (7a)$$

各実施例のレンズ構成について、説明する。各実施例においては、負の屈折力の第1レンズ群L1を物体側から像側へ順に両凹形状の負レンズG11と、物体側の面が凸でメニスカス形状の正レンズG12の2枚のレンズで構成している。第1レンズ群L1は、広角端における軸外光線の屈折量が大きいために軸外諸収差、特に非点収差と歪曲収差が発生し易い。そこで各実施例では、負レンズG11と正レンズG12より構成して最も物体側のレンズ有効径の増大を抑えている。第1レンズ群L1は構成レンズ枚数を2枚とし、どちらも高屈折率の硝材を用いることで、各レンズ面の曲率を小さくし、像面湾曲を抑制している。そして、負レンズG11の材料に低分散硝材を使用し、正レンズG12の材料に高分散硝材を使用することで、望遠端において軸上色収差および広角端において倍率色収差を良好に補正している。また、両凹形状の負レンズG11は物体側と像側の面がともに

10

【0033】

これにより、非点収差と歪曲収差のバランス良く補正すると共に、2枚という少ないレンズ枚数で第1レンズ群L1を構成し、全体のコンパクト化を図っている。正の屈折力の第2レンズ群L2を物体側から像側へ順に、物体側の面が凸形状の正レンズG21と、両凸形状の正レンズG22と両凹形状の負レンズG23との接合レンズ、そして、両凸形状の正レンズG24の合計4枚のレンズで構成している。最も物体側に配置された正レンズG21は、最も軸上光線の通る高さが高いレンズであり、主に球面収差とコマ収差の発生に強く関与する。そこで各実施例においては、最も物体側に配置された正レンズG21の物体側のレンズ面をレンズ中心からレンズ周辺にかけて正の屈折力が弱くなる非球面形状

20

【0034】

接合レンズを物体側から像側へ順に正レンズと負レンズとして、第2レンズ群L2のレンズ有効径を小さくして、光線の高さがもっとも低くなる位置に負レンズG23を配置して収差補正を容易にしている。また、第2レンズ群L2を射出する軸外光線の射出角を緩和するため、第2レンズ群L2の最も像側に正レンズG24を配置した。正の屈折力の第3レンズ群L3は、像側のテレセントリック性を確保するためのフィールドレンズとしての役割を果たしており、軸上レンズ厚の短縮のため、1枚の正レンズG31で構成している。第3レンズ群L3はフォーカスレンズ群であり、無限遠物体から近距離物体へのフォーカシングを行う際に像側から物体側へ移動する。フォーカシングを行う際に、位置敏感度を適切に設定することで、フォーカシングの高速化を容易にしている。また、特に望遠端において像面湾曲を低減するため、物体側のレンズ面をレンズ中心からレンズ周辺に行くほど正の屈折力が弱くなる非球面形状とした。以上の様に、各レンズ群を構成することにより、良好な光学性能を保ちつつ、全系のコンパクト化を達成している。

30

【0035】

次に、本発明の数値実施例を示す。各数値実施例において、 i は物体側からの面の順序を示し、 r_i はレンズ面の曲率半径である。 d_i は第 i 面と第 $i+1$ 面との間のレンズ肉厚および空気間隔である。 n_{di} 、 d_i はそれぞれ d 線に対する屈折率、アッペ数を示す。 $*$ は非球面であることを示す。また、最も像側の2面はフェースプレート等のガラス材である。また、 k 、 A_4 、 A_6 、 A_8 、 A_{10} は非球面係数である。非球面形状は光軸からの高さ h の位置での光軸方向の変位を面頂点を基準にして x とすると

40

$$x = (h^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + k)(h / R)^2\}^{1/2}] + A_4 \cdot h^4 + A_6 \cdot h^6 + A_8 \cdot h^8 + A_{10} \cdot h^{10}$$

で表される。但し R は近軸曲率半径である。尚、バックフォーカス BF は最も像側のガラス材の面17からの距離で示している。又、前述の各条件式と各数値実施例との関係を表1に示す。

【0036】

数値実施例1

50

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1*	-70.635	1.05	1.84954	40.1
2*	5.476	1.81		
3	9.457	1.70	1.92286	18.9
4	20.952	(可変)		
5*	5.724	1.56	1.84954	40.1
6	75.396	0.20		
7	7.154	1.10	1.69680	55.5
8	-38.616	0.40	1.80518	25.4
9	3.768	0.81		
10	61.821	0.90	1.69680	55.5
11	-16.566	0.50		
12(絞り)		0.00		
13		(可変)		
14*	53.898	1.70	1.69350	53.2
15	-19.698	(可変)		
16		0.80	1.51633	64.1
17		0.40		

10

20

像面

非球面データ

第1面

K = -1.07330e+002 A 4= 4.04232e-005 A 6= 1.96930e-006 A 8= -4.86549e-008 A10= 2.57221e-010

第2面

K = -2.49863e+000 A 4= 1.45353e-003 A 6= -1.88947e-005 A 8= 6.50736e-007 A10= -1.22778e-008 30

第5面

K = -2.52946e-001 A 4= -2.90139e-004 A 6= -6.10419e-006 A 8= 2.36183e-007 A10= -1.70905e-008

第14面

K = -9.21809e+002 A 4= 4.61945e-004 A 6= -3.30079e-005 A 8= 1.21214e-006 A10= -1.83285e-008

40

各種データ

ズーム比	4.71		
	広角	中間	望遠
焦点距離	4.43	10.29	20.85
Fナンバー	2.88	4.09	6.06
画角	36.73	20.64	10.53
像高	3.31	3.88	3.88
レンズ全長	32.70	30.18	38.70
BF	0.40	0.40	0.40

50

d 4	13.24	3.92	0.35
d13	3.29	10.18	22.42
d15	3.24	3.15	3.00

ズームレンズ群データ

群 始面 焦点距離

1	1	-10.04
2	5	9.20
3	14	21.00
4	16	

10

【 0 0 3 7 】

数値実施例 2

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1*	-61.685	1.05	1.84954	40.1
2*	5.583	1.69		
3	9.252	1.70	1.92286	18.9
4	19.812	(可変)		
5*	5.838	1.56	1.84954	40.1
6	63.668	0.20		
7	7.781	1.10	1.69680	55.5
8	-52.713	0.40	1.80518	25.4
9	4.016	0.82		
10	67.637	0.90	1.69680	55.5
11	-15.129	0.50		
12(絞り)		0.00		
13		(可変)		
14*	133.955	1.70	1.69350	53.2
15	-18.619	(可変)		
16		0.80	1.51633	64.1
17		0.40		

20

30

像面

非球面データ

第1面

K = 2.99170e+001 A 4= 6.18794e-005 A 6= 2.08972e-006 A 8=-4.02488e-008 A10=
1.98523e-010

40

第2面

K =-2.60102e+000 A 4= 1.43378e-003 A 6=-1.99566e-005 A 8= 6.57080e-007 A10=
-1.04400e-008

第5面

K =-2.53141e-001 A 4=-2.83935e-004 A 6=-6.04981e-006 A 8= 2.34633e-007 A10=
-1.61569e-008

第14面

50

K = -7.45679e+003 A 4= 2.36970e-004 A 6= -2.67527e-005 A 8= 1.27469e-006 A10= -2.42672e-008

各種データ

ズーム比	5.86		
	広角	中間	望遠
焦点距離	4.00	10.94	23.45
Fナンバー	2.77	4.46	6.83
画角	36.88	19.50	9.38
像高	3.00	3.88	3.88
レンズ全長	35.53	31.30	41.65
BF	0.40	0.40	0.40
d 4	16.23	4.08	0.35
d13	3.28	11.29	25.53
d15	3.20	3.12	2.96

10

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-9.99
2	5	9.36
3	14	23.68
4	16	

20

【 0 0 3 8 】

数値実施例 3

単位 mm

面データ

面番号	r	d	nd	d
1*	-51.261	1.05	1.84954	40.1
2*	5.402	1.69		
3	9.249	1.70	2.14352	17.8
4	15.787	(可変)		
5*	5.835	1.56	1.84954	40.1
6	44.039	0.20		
7	7.665	1.10	1.80400	46.6
8	-29.253	0.40	2.00069	25.5
9	4.515	0.82		
10	39.550	0.90	1.77250	49.6
11	-12.530	0.50		
12(絞り)		0.00		
13		(可変)		
14*	-38.095	1.70	1.74330	49.3
15	-12.928	(可変)		
16		0.80	1.51633	64.1
17		0.40		

30

40

像面

非球面データ

50

第1面

K = 3.41214e+001 A 4= 3.60248e-005 A 6= 2.28003e-006 A 8=-2.85100e-008 A10=
8.30706e-011

第2面

K =-2.20877e+000 A 4= 1.19532e-003 A 6=-1.21750e-005 A 8= 4.66646e-007 A10=
-9.65086e-009

第5面

K =-2.23151e-001 A 4=-2.81750e-004 A 6=-6.44104e-006 A 8= 3.80085e-007 A10= 10
-2.73024e-008

第14面

K =-4.54734e+001 A 4=-2.90735e-004 A 6=-1.54413e-005 A 8= 1.38780e-006 A10=
-3.65759e-008

各種データ

ズーム比	6.24			
	広角	中間	望遠	
焦点距離	3.71	10.66	23.15	20
Fナンバー	2.78	4.56	7.06	
画角	38.97	19.98	9.50	
像高	3.00	3.88	3.88	
レンズ全長	35.54	31.13	41.66	
BF	0.40	0.40	0.40	
d 4	16.23	3.90	0.35	
d13	3.28	11.29	25.53	
d15	3.22	3.13	2.97	

30

ズームレンズ群データ

群	始面	焦点距離
1	1	-9.15
2	5	8.96
3	14	25.59
4	16	

【 0 0 3 9 】

【表 1】

表 1

	実施例1	実施例2	実施例3
条件式(1)	-0.56	-0.49	-0.47
条件式(2)	0.48	0.42	0.36
条件式(3)	-1.35	-1.53	-1.65
条件式(4)	4.65	5.81	6.19
条件式(5)	0.44	0.40	0.35
条件式(6)	0.86	0.83	0.81
条件式(7)	4.74	5.92	6.90

10

次に本発明のズームレンズを撮影光学系として用いたデジタルスチルカメラ（撮像装置）（光学機器）の実施例を図7を用いて説明する。図7において、20はカメラ本体、21は本発明のズームレンズによって構成された撮影光学系である。22はカメラ本体に内蔵され、撮影光学系21によって形成された被写体像を受光するCCDセンサやCMOSセンサ等の固体撮像素子（光電変換素子）である。23は撮像素子22によって光電変換された被写体像に対応する情報を記録するメモリである。24は液晶ディスプレイパネル等によって構成され、固体撮像素子22上に形成された被写体像を観察するためのファインダーである。このように本発明のズームレンズをデジタルスチルカメラ等の撮像装置に適用することにより、小型で高い光学性能を有する撮像装置を実現している。

20

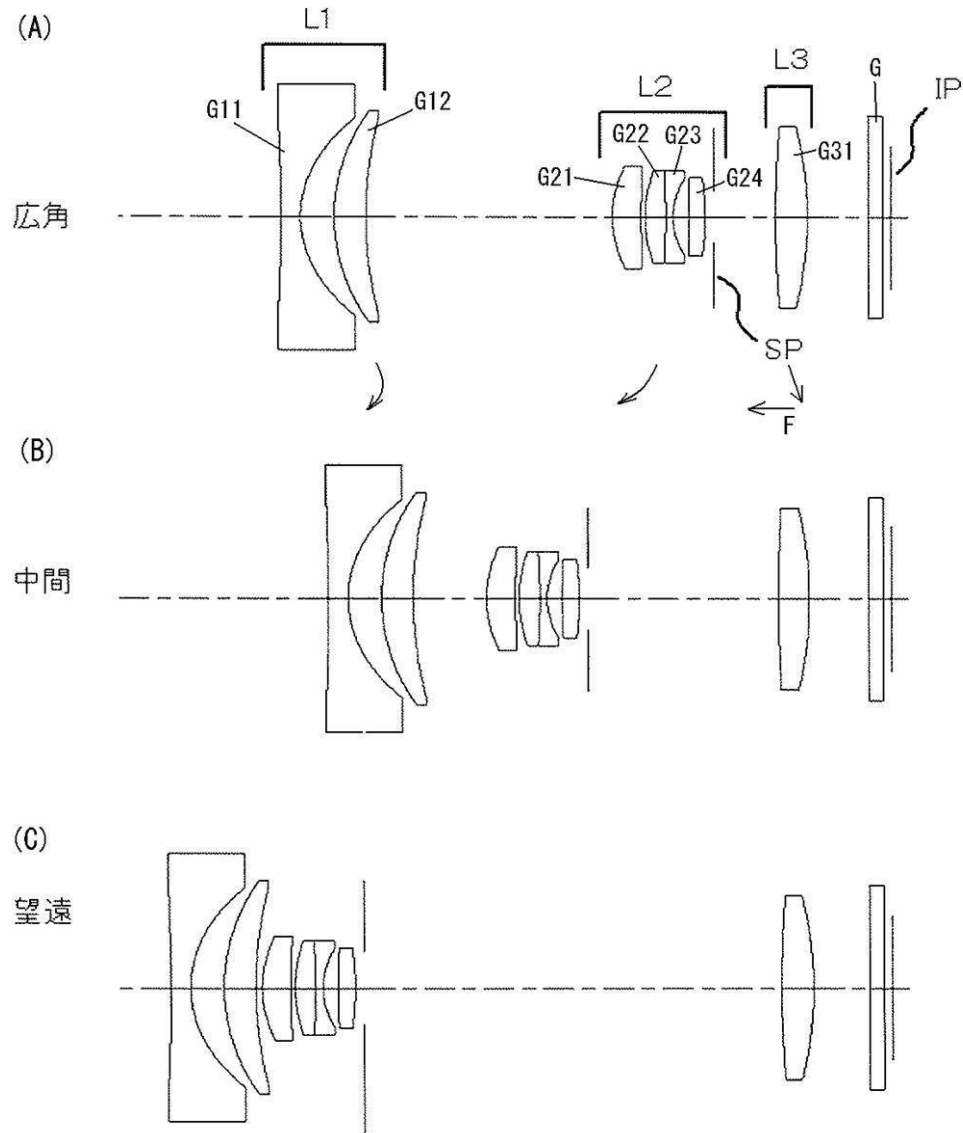
【符号の説明】

【0040】

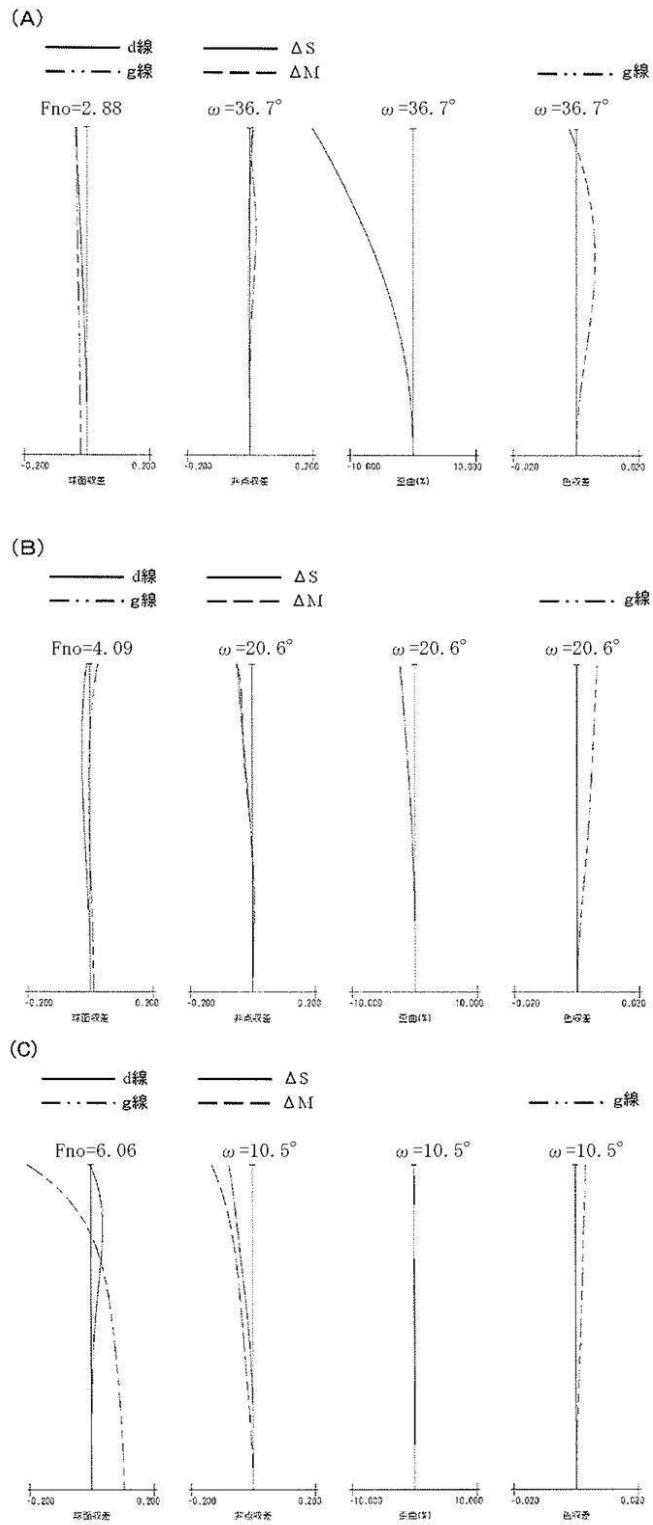
L1は第1レンズ群 L2は第2レンズ群 L3は第3レンズ群 SPはFナンバー決定部材（開口絞り） IPは像面 Gはガラスブロック dはd線 gはg線 Sはサジタル像面 Mはメリディオナル像面

30

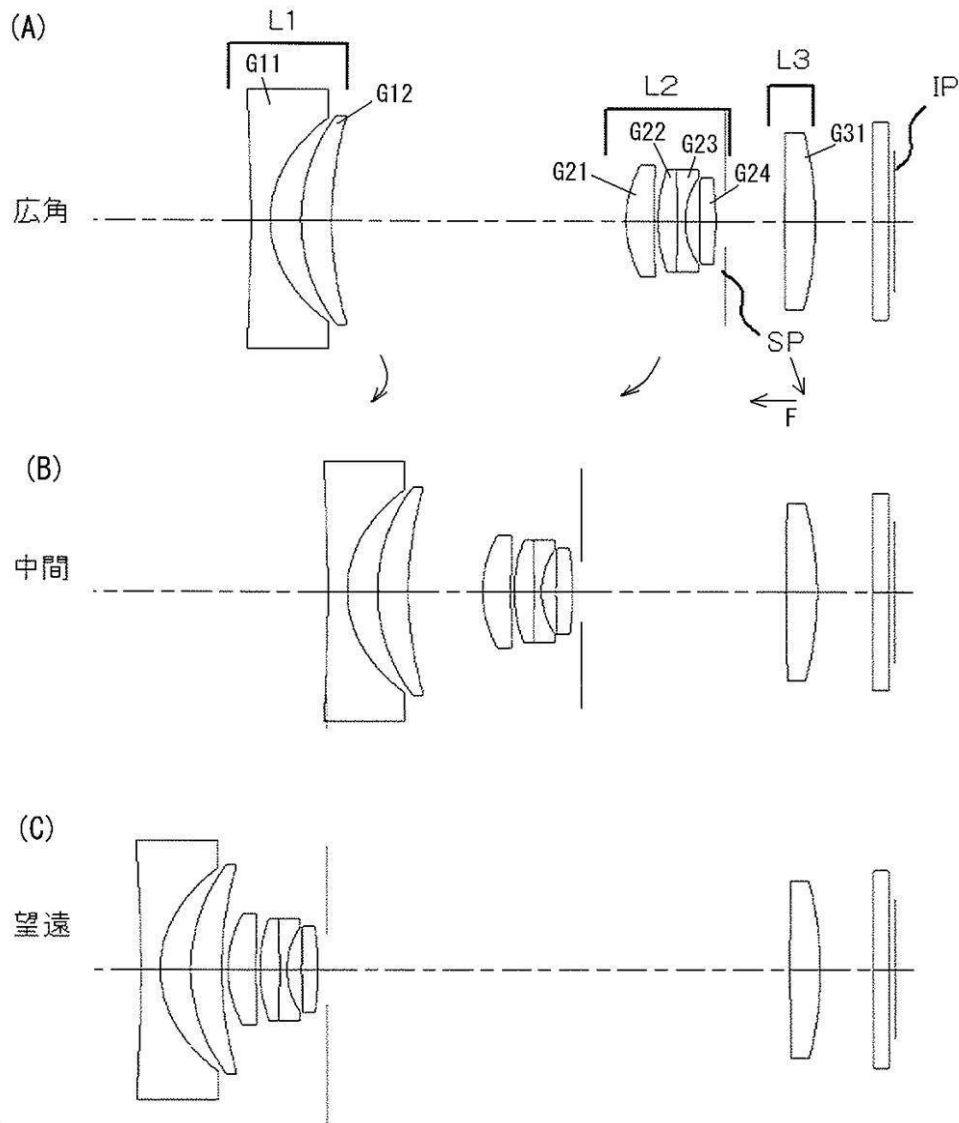
【図 1】



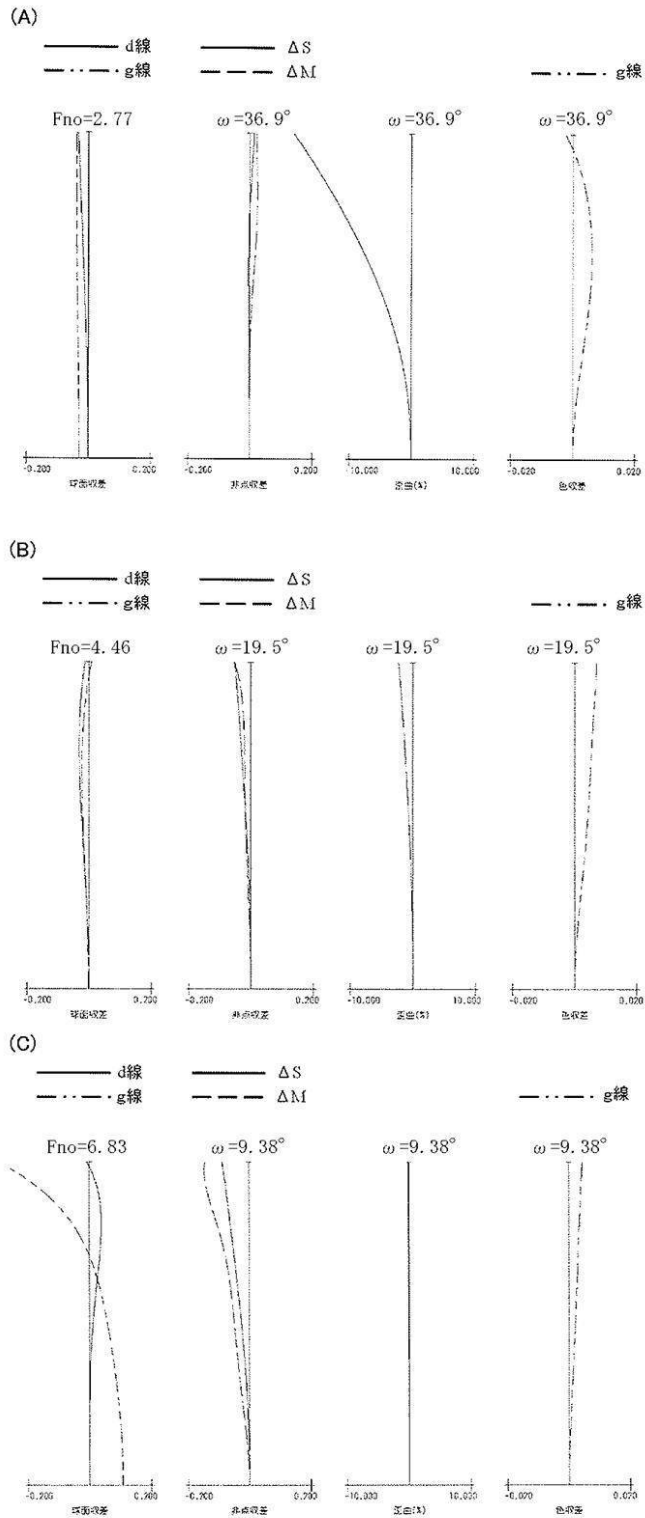
【図2】



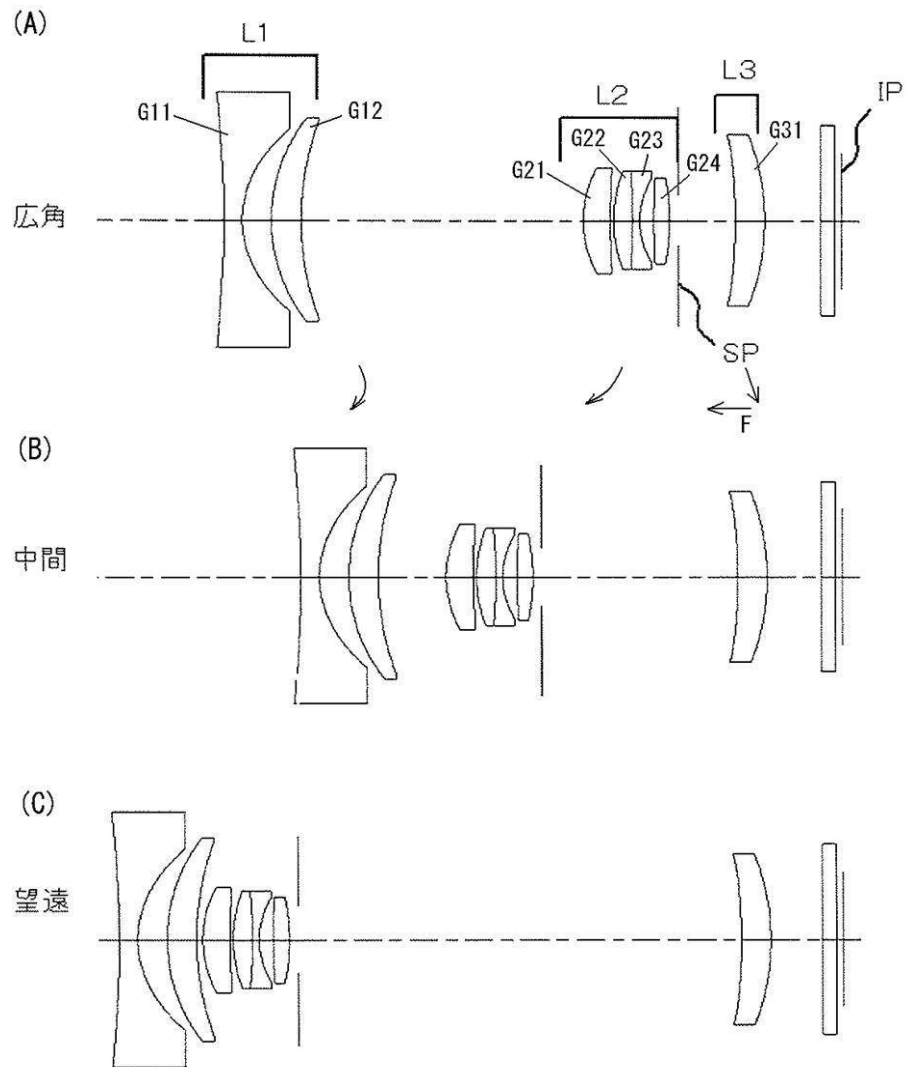
【図3】



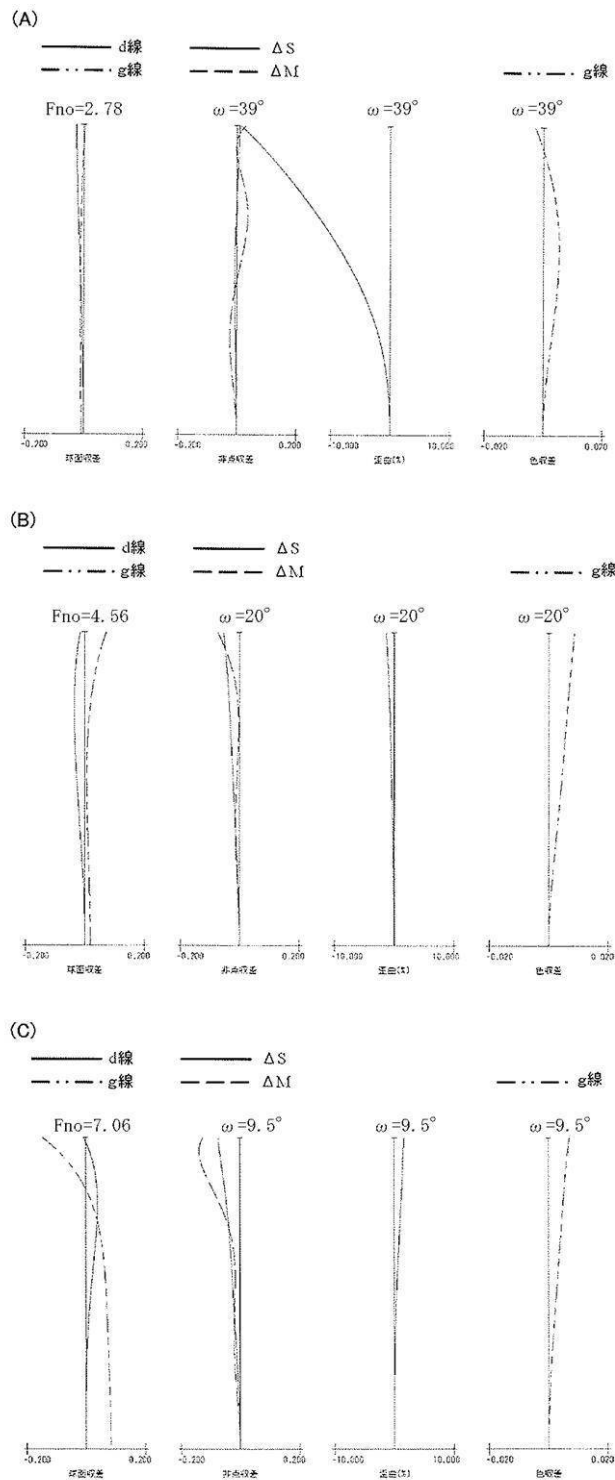
【図4】



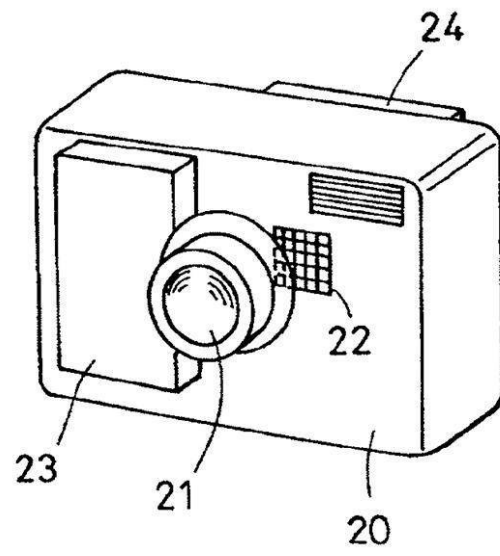
【図 5】



【図 6】



【図7】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

G 0 2 B	9 / 0 0	-	1 7 / 0 8
G 0 2 B	2 1 / 0 2	-	2 1 / 0 4
G 0 2 B	2 5 / 0 0	-	2 5 / 0 4